

SZEMLE

A talajmikróbák antagonizmusa kérdésének mai állása

Természetes körülmények között, a talajban, a mikroszervezetek sokoldalú kapcsolatban vannak egymással s közöttük a konkurencia, a létért való küzdelem számos formája alakult ki (27, 58, 98 stb.). A talaj mikroflórája az organizmusok különböző asszociációiból tevődik össze, amelyek a szervesanyagokért folyó harc során alakulnak ki (21). A talajmikróbák közötti vonatkozások — Ruschman szerint (87) — összehasonlíthatók a magasabbrendű élőlények között fennállókkal, mivel a létért való küzdelem egyaránt érvényre jut mikróbák, növények és állatok kölcsönviszonyában. A talaj termékenység alakulása és a termés növekedése szoros kapcsolatban van a biológiailag fontos talajbeli folyamatokat meghatározó mikroorganizmusok fajai és csoportjai közötti harc kimenetelével (97).

Az antibiotikus anyagok gyógyászati jelentősége, az antagonista talajmikróbák védő szerepének felhasználása a növényi kórokozókkal szemben (58, 71, 72), az irányított antagonizmus lehetőségeinek alkalmazása a mikrobiológiában (16, 27, 99, 104), a fajok közötti antagonizmus jelentősége a rendszertanban (54, 55), a talaj-ökológiában, ezen jelenségek értelmezését általános biológiai szempontból, sokoldalú konkrét vizsgálatát főleg talajbiológiai szempontból elsődrendű feladatunkká teszik.

Antagonizmus jöhet létre a konkurens fajok között elsősorban antibiotikus anyagok útján (antibiozis, 89), specifikus antibiotikusan ható fermentek, cellulolitikus fermentek révén, továbbá tápanyagkonkurencia, pH és rH viszonyok egyoldalú eltolódása, a szaporodás intenzitásának eltérő volta révén, stb. (27, 52).

A talajmikróbák antagonizmusa természetes körülmények között

Már régóta ismeretes tény, hogy a talajban nem őshonos mikroszervezetek gyorsan elpusztulnak, míg ugyanezen, de sterilizált talajokban életképességüket hosszabb-rövidebb ideig megőrzik (46, 96). Rhines (83) szerint tuberkulózis baktériumok steril talajban szaporodni tudtak.

Azonban penészgombák jelenlétében — különösen trágyázott talajok esetében — fejlődésük megakadt. Ezek a megfigyelések Gillisen szerint (27) megfelelnek Bustinza (11), Miller és Reate (70), továbbá ama saját megállapításainak, melyek szerint penészgombák úgy sztafilokokkuszokon, mint tuberkulózis baktériumokon növekedni tudnak, azokat megsemmisítvén.

Sanford és Broadfoot (92) azt tapasztalták, hogy az *Ophiobolus graminis* gomba kórokozóképességét, steril talajban termesztett búzacsíranövénykékre, mind antagonista talajmikróbák, mind szűrleteik korlátozták. Fred (23) közli, hogy gumóbaktériumok steril talajban jobban fejlődtek, mint kezeletlenben. Kiessling (47) megfigyelte, hogy a burgonya varasodását bizonyos baktériumok vissza tudták szorítani szántóföldben. Weindling és Fawcett (109) kimutatták, hogy ha a *Rhizoctonia solani* gomba kórokozóval együtt *Trichoderma lignorum*-ot is juttattak a steril talajba, úgy a Citrus csemetek kidőlését nem tapasztalták. Rayner (82) bizonyos Heide-talajok toxicitását arra vezeti vissza, hogy ott penicillium fajok a mikorrhizaképző bazidiomiceták fejlődését akadályozzák, s ezáltal befolyásolják a vegetációt. Gorlenko és Voronkevics (28) feljegyezték, hogy a *B. aroideae* steril talajban 10 hónapig is életben marad, míg kezeletlenben mindössze 3–15 napig, a *B. citri* steril talajban 26 hónapig, nem sterilben 6–40 napig, a *B. armeniacum* megfelelően 35 napig, ill. 6–8 napig, stb. Gorlenko és Voronkevics szerint a talaj mikrobiológiai folyamatainak fokozott aktivitása, fokozottabban tisztítja meg a talajt a növényi kórokozó baktériumoktól. A rizoszfera baktériumok jelentőségét hangsúlyozza a talajok öntisztulásában Bogopolszki (5). Csamakov megállapítja (14), hogy a *Helminthosporium* gomba megsemmisítését végző baktériumok felzaporodására az istállótrágya előnyösebb hat, mint a műtrágya.

Afrika (2, 3) kísérletei szerint a *B. mesentericus* és a *B. subtilis* csoportba tartozó mikroba-antagonisták a talajban gátolják a *B. mycoides* és az *Azotobacter chroococcum* fejlődé-

sét. Számos különböző kaukázusi, közép-ázsiai, stb. talaj mikrobiológiai vizsgálata azt mutatta, hogy mindazokban a talajokban, melyekben fokozottan fejlődnek a *B. mesentericus* és a *B. subtilis* csoportok antagonistái és más *Actinomyces* és gomba antagonisták, ott azotobaktert vagy a *B. mycoides*-t nem találtak vagy számuk csak igen csekélynek bizonyult.

Mihaleva (68) kimutatta, hogy az antagonista aktinomiceták tetemesen gátolják a talajban a gumóbaktériumok aktivitását és fejlődését. Kublanovszkaja (62) antagonista aktinomicetáknak a talajbavitelével meggátolta a *Verticillium dahliae* és a *Fusarium vasinfectum* gombáknak, a gyapot hervadása okozóinak fejlődését. Doraszeliya (15) a mikolitikus baktériumok nagymérvű fejlődését tapasztalta a teacserje rizoszferájában, ezek megakadályozták a fuzáriumok elterjedését az ültetvények talajaiban.

A helyes vetésforgó megválasztása lehetővé teszi, hogy a talajban felgyülemlett kórokozók a növénytakaró változásával eltűnjenek vagy számuk korlátozódjék. Ez a tisztulási folyamat a rizoszferában tevékenykedő antagonista mikrobák jelenlétére vezethető vissza [Kraszilnyikov (57)]. A rizoszferában élő antibiotikus mikroszervezetek jelentőségére mutat rá Winter és Rümker (115) a növények kórokozókkal szembeni rezisztenciájával kapcsolatban. Kraszilnyikov szerint (57) a baktérium antagonisták segítségével sikerül észrevehetően meggyengíteni a fuzáriumos betegedések megnyilvánulásait a lennél, gabonaféléknél, fenyőcsemetéknél, teacserjéknél.

A környezeti tényezők — mint arról még szó lesz — jelentősen befolyásolhatják az antagonisztikus viszonyokat. Így pl. Weindling Fawcett [cit. Likais (64)] megállapították, hogy a *Trichoderma lignorum* növekedése és a *Rhizoctonia solanira* gyakorolt antagonisztikus hatása növelhető, ha a talaj pH értékét alumíniumszulfat adagolásával pH = 4-re emeljük.

A termőtalaj gazdagítása antagonista mikrobákkal lehetővé válik (58): a) A kérdéses antagonista szervezet kultúráinak közvetlen bevitelével. b) Olyan növények termesztése révén, melyeknek rizoszferájában jól fejlődnek és felszaporodnak az antagonisták. c) E két módszer kombinálása útján. Ami az antagonisták közvetlen bevitelét illeti, az végrehajtható növényi magvaknak vetés előtti antagonista kultúrákkal való kezelésével, öntöző vízzel, máskor pl. a zöldségfélék palántáinak gyökerét az elültetés előtt megnedvesítik olyan vízzel, melyben előzőleg a kérdéses antagonistát szuszpendálták, stb. (57). Jóllehet az elért eredmények igen biztatóak, azonban még igen széleskörű vizsgálat szükséges ahhoz, hogy a növényi betegségek biológiai leküzdésének módszerét valamennyi betegséggel kapcsolatban kidolgozhasuk (106).

A talajmikrobák antagonisztikus jelenségeinek vizsgálata mesterséges körülmények között

A szaprofita mikrobák kölcsönös, továbbá a növényi kórokozókkal szemben megnyilvánuló antagonizmusa, ezen gátló jelenségek mechanizmusának pontosabb felderítésére készítette a kutatókat. Áttekinthetetlen azoknak a munkáknak a száma, melyek a talajmikrobák mesterséges táptalajokon megnyilvánuló antagonizmusával foglalkoznak. Az eredmények beszámolnak a gátlási lehetőségek számos különböző formájáról, de ezek között a legfeltűnőbb, a legelterjedtebb és a legjobban tanulmányozott az antibiotikus anyagok útján kiváltott antibiózis.

Krehl — Nieffer (60) azt tapasztalta, hogy a talajgombák riválisuk megkárosítását az antibiotikus hatások mellett még egy másik igen elterjedt módon is véghez vihetik. Nevezetesen a kérdéses szervezet — nyilván az antagonista — a másik kolóniájára ránő, azt mintegy ellepi, miáltal elnyomja növekedését. Az ilyen jelenség főleg az olyan gombák részéről tapasztalható, melyeknél hiányzik az antibiotikus anyagok elválasztásához a képesség. Oppermann (79) farontó bazidiomicetáknak maláta agáron végbemenő növekedésénél úgy találta, hogy azok a gombák, melyek másokat a táptalajon már nagyobb távolságból gátolnak, főleg a lassan növekedő fajokhoz tartoznak, azok pedig, melyek egyáltalán nem, vagy csak kevés gombára hatnak antagonisztikusan (az említett formában), inkább a gyorsan növekedőkhöz.

Ruschmann (87) hangsúlyozza a szimbiotikus és antibiotikus kapcsolatok jelentőségét a talajok termékenysége vonatkozásán. A legkülönbözőbb helyekről és gyűjteményekből szerzett mikrobákkal több száz szembeállítási kísérletet végzett el mesterséges táptalajokon. A vizsgált mikroszervezeteket három csoportban tárgyalja: 1. Antibionták, pl. *Penicillium notatum*, *P. claviforme*, *Streptomyces griseus*, *Aspergillus niger*, stb. 2. Átmeneti csoport, pl. *B. mycoides*, *B. prodigiosum*, stb. 3. Teszt vagy szenzibilis szervezetek, pl. *Staph. aureus*, *B. coli*, *B. subtilis*, stb.

Wallhäuser (107) fenyőerdő talajából, 0,5 qm területről 16 gomba és 23 baktérium törzset izolált. Számos szembeállítási kísérlet segítségével feltárta antibiotikus vonatkozásaikat mesterséges táptalajokon. Trifeniltetrazoliumkloridnak mint a vitalitás foka indikátorának segítségével kimutatta, hogy a baktériumok előrehaladó korrall eltérően viselkednek a gátló anyagokkal szemben. Az egyik esetben pl. ugyan az a gátlóanyag mennyiség, mely a fejlődésnek induló mikrobát gátolta, később serkentően hatott, majd az előregedő tenyészetet újra erősen elnyomta. A szilárd táptalajokon oly gyakran megjelenő serkentési gyűrűkre vonatkozóan megállapítja, hogy mind gátló,

mind serkentő anyagok hatására létrejöhetnek. A hatást kiváltó anyag felismerésére két módszert, a szektor és az interferencia módszert dolgozta ki. A szektor módszer a következőkből áll: Beoltatlan agártáplemez közepén dugófúró segítségével lyukat vágunk, majd ebből kiindulva, a lemez egy körcikk alakú szektorát — permetező segítségével — a kérdéses mikrobával oltjuk. Ezután a kivágott lyukba a vizsgálandó szűrletet visszük steril pipettával s utána a lemezt termosztatban inkubáljuk. Mihelyt a beoltott szektoron a serkentési öv megjelenik, meghatározzuk szélességét és a lyuk szélétől való távolságát. Az így kapott adatok birtokában a be nem oltott szektoron — megfelelő átmérőjű dugófúró alkalmazásával — a lyuk körül kivágjuk a táptalaj azon övezetét, melyben a kérdéses anyag elhelyezkedik. A kivágott korongokat steril kémcsőben kevés vízzel 12 óra hosszáig áztatjuk s azután a kapott folyadékot vákuumban besűrítjük, majd ezt vizsgáljuk. Az interferencia módszer igen gyorsan vezet eredményre. Azon alapszik, hogy az egyirányú hatások összetevődnek. Petri-csészében a próbalemezen dugófúróval három lyukat vágunk ki úgy, hogy ezek egyenlő oldalú háromszöget képezzenek. A háromszög méreteit — előzetes vizsgálatok alapján — akként állapítjuk meg, hogy a később kialakuló serkentési gyűrűk egymással érintkezzenek. Ha megfelelően jártunk el s a három serkentési zóna találkozásánál növekedést nem tapasztalunk, úgy gátló anyagról van szó, ellenkező esetben nem gátló anyag váltotta ki a fokozott növekedést.

Módszertani kérdésekkel foglalkoznak munkájukban Roszovszkaja és Gudkova (85), új eljárásokat dolgozván ki a talajbéli mikróba antagonisták mennyiségi kimutatására és izolálására. Ezek: 1. Petri-csészében a tápközeg felületére félgáteresztő hárttyát, cellofánt helyeznek és erre juttatják a vizsgálandó talaj szuszpenzióját. Miután a kolóniák jól kifejlődtek, eltávolítják a cellofánt és a csupaszon maradt táptalaj felületére terítik a vizsgálandó mikrobát. A megjelent gátló zónák számából következtetni lehet az antagonisták számára, másrészt meg lehet állapítani elhelyezkedésüket a cellofánon. A módszer hibája: a cellofán sterilizése nehezen oldható meg. 2. Miután a Petri-csészében az alkalmazott táptalajon a vizsgálandó talaj mikrobáinak kolóniái kifejlődtek, a probaszervezetet porlasztó segítségével egyenletesen terítik a lemez felületére. Az antagonisták körül megjelennek a gátló zónák. Főleg mennyiségi kimutatásra alkalmas. Hibája: Izolálás esetén minden tenyészetet meg kell tisztítani a probaszervezettől. 3. Midőn a tápközegen a talajmikrobák kolóniái jól kifejlődtek, a lemezt óvatosan megfordítják, úgy, hogy aljával felfelé a csésze borítójára kerüljön. Ezen terítik a vizsgálandó szervezetet. Világos udvar jelzi az antagonisták kolóniája felett a gátlást. Az antagonistát ekkor vagy úgy izolálják, hogy platinkaccsal keresztülegetik a lemezt vagy

egyszerűen visszafordítás után. Ha az antagonisták izolálására olyan tápközeget alkalmaztak, melyen a kérdéses probaszervezet nem fejlődött, úgy ilyenkor először a Petri-csésze fenekére az utóbbi szervezet számára kedvező összetételű táptalajt öntenek vékony rétegben s erre kerül a második tápközeg. A lemez megfordítása után az alsó réteg kerül felülre s ezen terítik a próbamikrobát.

Ruschmann (89) újabban megjelent dolgozatában közli, hogy az *Azotobacter chroococcum*, mely a termékeny talajok ismert kísérő baktériuma, a legérzékenyebbnek bizonyult az összes eddig kipróbált kísérleti szervezetek között, másrészt szimbiotikus kapcsolatok létrehozására kiváló tulajdonságokkal rendelkezik.

A gyógyszeripar céljait szolgáló antibiotikus törzskutatással kapcsolatban a különböző talajok fizikai és kémiai, földrajzi, klimatikus stb. viszonyai és a belőlük izolált mikroorganizmusoknak mesterséges táptalajokon megnyilvánuló antibiotikum termelése között kerestek összefüggést. Az egész földet felölelő számos vizsgálat eredményéről Routien és Finlay (86) 1952-ben megjelent beszámolója nyújt bizonyos áttekintést. Munkájuk alapján arra következtethetünk, hogy a széleskörű vizsgálatok ellenére konkrét összefüggéseket nem lehetett megállapítani. A kutatók legnagyobb része ma is találmásra gyűjti be a vizsgálati talajmintákat.

Routien és Finlay beszámolója után újabban Kraszilnyikov, Korenjakó és Artamonova (59) újra beható vizsgálat alá vetették e kérdést. Munkájuk következtetnieged az antagonista-aktinomiceták rendkívüli gyakoriságára. A szerzők két módszert alkalmaztak: 1. Petri-csészében a tápközegen megjelenő aktinomiceták kolóniáit leöntik a probaszervezet táptalajban szuszpendált vékony rétegével. Utána 10—12 órára alacsony hőmérsékleten tartják (10—15 °C-on), hogy a második réteg az antibiotikus anyagokat felvegye, majd inkubálják. A gátló-zónák gyakorisága alapján megállapítják az antagonisták számát. 2. Minden kolóniát izolálnak, tiszta tenyészeteket létesítenek és ezeket vizsgálják. Mindkét eljárást alkalmazták. Vizsgáltak többek között mintegy 280 talajmintát, ezekből 3000 — különböző fajokhoz tartozó — aktinomiceta kultúrát nyertek, közöttük 30% antagonistával. 300 kultúra hatásosnak bizonyult a *B. colival* szemben. Csak Gram-pozitív baktériumokra tudtak hatást elérni (11%-ban) egyes gruziai gesztenyebarna talajok esetében. Tőzegtalajok egyáltalán kevés antagonista aktinomicetát tartalmaztak, így pl. ilyen talajból származó 148 kultúra közül csupán öt hatott a Gram-pozitívra és egy a *B. colira*. A déli csernozjomok (kievi ker.) és a Moszkva környéki podzolok megközelítőleg azonos mennyiségű aktinomicetát tartalmaznak, azonban az antagonisták száma az elsőben több mint háromszor nagyobb (43%), mint a másodikban (13%). A kaukázusi tengerpart erdei talajai,

sok humuszt tartalmaznak s nagyon gazdagok aktinomicetákban, melyek hatásosak a *Gram*-negatív baktériumokkal szemben. Pl. Tuapszhez közeli erdő talajában 60—70 százalék az antagonista s ezeknek több mint fele aktív a *B. colival* szemben stb. A talajmélység növekedésével, mintegy 30—40 cm után az aktinomiceták száma csökken s ezzel együtt az antagonisták száma is. A növénytakaró a vizsgálatok tanúsága szerint nem okoz specifikus hatást az antagonista aktinomiceták fejlődésére és felhalmozódására a talajban. Tény, hogy az aktinomiceták fejlődése inkább a bomló növényi maradványokon megy végbe és a fejlődő növények rizoszferájában nem találhatók. Midőn a bakteriális és a gomba flóra felszámolja a könnyen elsajátítható növényi alkatelemeket, s amikor már csupán a növényi szövetek vázrészei maradnak vissza, mint cellulóze, lignin, továbbá bizonyos bakteriális anyagcsere termékek, akkor megkezdődik az aktinomiceták fejlődése. Feltételezhető, hogy a cellulóze, lignin összetételük szerint a különböző növényfajoknál kevésbé eltérőek s az aktinomiceták számára már nem nyújtanak specifikus ökológiai, vagy tápfaktort. Kraszilnyikov és munkatársai vonatkozásba állították a nagy szervesanyag tartalmú, humuszból gazdag talajokat a nagy antagonista tartalommal.

Horváth, Felföldi, Szolnoki (39) Balaton-környéki talajok antibiotikus aktivitását vizsgálva, arra a következtetésre jutottak, hogy az antagonista sztreptomicés populációk kialakulásához hosszabb időre van szükség a talajok kialakulása során, mert a kb. 20—25 éves multra visszatekintő talajokban egyáltalán nem találtak antibiotikus törzseket. Másrészt az antagonista sztreptomicés fajok élőhelyei meg-egyeznek abban, hogy talajukat nem mossza át állandóan csapadék (mint pl. meredek lejtők, vagy laza kavicsos talajok esetében) ill. mozgó talaj vagy patakvíz. Megállapításaik szerint a talaj vegyi, fizikai és növényzöcológiai vizsgálata alapján törvényszerűségeket nem lehetett felismerni az antagonista sztreptomicészek előfordulásában.

Újabban Szabó (96a.) a talajbiodinamikája és a talajmikrobák antibiotikus aktivitása között ismert fel összefüggéseket. Azonban tévedés volna azt hinni, hogy valamely talaj pillanatnyi — mérhető — magas mikrobiológiai aktivitása és a magas antagonista tartalom között vonható meg ez az összefüggés. Valóban az antibiotikus törzskutatás mind-ezidáig a talaj pillanatnyi viszonyait vette tekintetbe s ezen statikus szemléletnek köszönhető, hogy az antagonisták talajbeli elterjedését mindeztidáig nem tudták kielégítően megmagyarázni. Ezzel szemben vizsgálataink meggyőzték arról, hogy a kérdéses talajok történelmének ismerete nélkülözhetetlen fontosságú problémák megoldásában. Így pl. a tihanyi félszigeten kivizsgált talajok közül a legantibiotikusabb mikroflórát azon évszázados szántóföldi talajok

tartalmazzák, melyek aktivitását a földművelés hosszú időn keresztül mesterségesen magas nívón tartotta. Így különlegesen magas antibiotikus aktivitású mikroflórát találtunk olyan talajokban, melyek pillanatnyilag teljesen leromlott, humuszanyagokban elszegényedett állapotban vannak, de az adatok szerint igen aktív multtal rendelkeztek.

A talaj mikrobiológiai folyamatainak tartósan fokozott aktivitása a mikrobák között fellépő konkurrencia viszonyok fokozódásához vezet, mely megteremti az antagonista tulajdonságok létrejöttéhez a feltételeket.

Természetesen mindezen eredmények értékelésénél figyelembe kell venni, hogy a mesterséges táptalajokon észlelt antagoniztikus jelenségek nem mindég állíthatók párhuzamba a természetes körülmények között végbemenőkkel (9, 65 stb.). Így Nakhimovszkaja tapasztalta (74), hogy egy aktinomicés, mely antagonistának mutatkozott a *B. mycoides*-szel szemben mesterséges táptalajokon, hatástalan volt a talajban. Hasonló eredményekhez jutott Kraszilnyikov és Raznicina (50): 17, mesterséges táptalajokon a *Fusarium*-mal szemben aktívnak bizonyuló baktérium kolónia közül a talajban mindössze 6 tanúsított támadóképességet. Broadfoot (9) 21 mikroorganizmust izolált, melyek a búzát megvédték a talajban az *Ophiobolus graminis*-szel szemben, azonban ezek közül csak 15 volt antagonistája a gombának mesterséges táptalajon. Viszont 28 izolált törzs, melyek mesterséges közegen hatottak, a talajban hatástalannak bizonyultak. Ezeknél a vizsgálatoknál az időfaktor is lényeges szerepet játszhat. Így pl. Nakhimovszkaja kimutatta, hogy a gátlás elmaradhat, ha az antagonistát az érzékenységre kivizsgálható szervezettel egyidejűleg oltjuk be a talajba, viszont bekövetkezhetik, mielőtt a gátlóanyag képző bizonyos előnyt kap.

Másrészt Nickell és Burkholder (77) azt tapasztalták, hogy egy antagonista aktinomiceta, mely az *Azotobacter vinelandii* növekedését mesterséges táptalajon megakadályozta, ezen baktérium fejlődését módosított talajkultúrában is gátolta. Ordin (80) kísérleteiben penicillimok antagonistáknak bizonyultak növényi kórokozó baktériumokkal szemben mesterséges táptalajokon, steril és nemsteril talajban egyaránt. Sztrésinszkij (98) szerint a *Penicillium notatum* és a *B. subtilis* törzsei közötti harc a talajban is és mesterséges közegen is a küzdőfelek közül az egyik pusztulásával végződik.

Az sem bizonyos, hogy a mesterséges és természetes körülmények között egyaránt kiváltott gátlás azonos mechanizmusra vezethető vissza. Így Siminoff és Gottlieb (95) a *Streptomyces griseus*-nak mind egy sztreptomicint termelő törzse, mind egy sztreptomicint nem termelő mutánsa segítségével a *B. subtilis* fejlődését kezeletlen és triptonnal kezelt talaj-

ban meg tudták akadályozni. Másrészt még mesterséges táptalajokon is igen sok esetben messzemenő függőség tapasztalható a tápközeg fizikai és kémiai viszonyai, továbbá az antibiotikum termelés között (88). Ezen megállapítások feltétlenül szükségessé teszik, hogy a laboratóriumban antagonistáknak bizonyult mikrobákat — gyakorlati felhasználásuk előtt — természetes körülmények között tanulmányozzuk (57).

A laboratóriumi vizsgálatok bizonyos kiinduló pontot mégis csak jelentenek számunkra. Ruschmann szerint (89) alig lehet kétséges, hogy a talajban a szimbionták és antibionták mielőtt zavartalan fejlődéshez jutnak, kvantitatív és kvalitatív körülbelül azokat az anyagcseréi produktumokat képezik, mint közvetlen izolálásuk után a laboratóriumban.

A rendkívül elterjedt antibiotikus jelenségek tisztázására irányuló irodalmat két kérdés köré lehet csoportosítani: 1. Melyek az antagonisztikus és főleg az antibiotikus tulajdonságok létrejöttének okai? 2. Érvényesülnek-e antibiotikus befolyások a talajban?

Az antagonista tulajdonságok keletkezési körülményeiről

Azok az úttörő vizsgálatok, melyek laboratóriumi körülmények között fényt derítettek az antagonisztikus s főleg antibiotikus tulajdonságok keletkezésének körülményeire, mind általános biológiai szempontból, mind talajbiológiai szempontból értékelendők.

Már az 1920—30-as években Schiller szovjet kutató egész sor dolgozatában elsőnek ismertette a mikrobák között kialakuló és az általa kiterjedt antagonizmusnak nevezett jelenséget. Bizonyos körülmények között, két baktériumfaj, melyek egyébként jól megélik egymás mellett, antagonistákká lesznek (93). Schiller vizsgálatokat végzett nitrogénmentes táptalajokon proteolitikus és peptolitikus baktériumokkal. Ha a közegben megfelelő nitrogénforrás áll rendelkezésre, úgy ezen baktériumok megélik egymás mellett. Ilyen hiányában az egyik csoportba tartozók — melyek proteolitikus enzimekkel rendelkeznek — úgy biztosítják fennmaradásukat, hogy a másik csoport mikrobáit, vagyis élő baktériumokat, használják fel tápanyagul, megemésztik ezeket. Schiller proteolitikus antagonista szerepében a *B. mesentericus*, *B. anthracis* és a *B. subtilis*, peptolitikusként pedig a *B. bulgaricumot*, *B. acidophilumot* és a *Streptococcus lactis* alkalmazta. Sör- és borélesztőkkel végzett kísérletei hasonló eredményekre vezettek. Ezek baktériumokkal keverék-kultúrában — ha a médium cukortartalmú, de nitrogénforrást nem tartalmaz — antagonistákká váltak bakteriolitikus anyagok kiválasztása útján. Hasonló körülmé-

nyek között megfigyelte azt, hogy az élesztők és tuberkulózis baktériumok kevert kultúrájában bakteriolitikus termolabilis anyagok léptek fel.

Kalina, Schiller munkáit méltatva, rámutat zseniális úttörő munkásságára, mely gyakorlati perspektívát is ad antibiotikus anyagok indukálására vonatkozóan (45). Újabban Schiller munkásságáról rövid áttekintést Egorov ad (16).

Klieve és Gillisen-nek (48) sikerült kimutatni, hogy penészgombák baktériumok jelenlétében — adaptáció útján — különleges antibiotikusan ható anyagok képzésére tesznek szert. Ezen anyag hatása specifikus s a keverék-kultúrában szereplő baktérium ellen irányul.

A Gillisen által adaptációs antagonizmusnak nevezett jelenség (27) létrejötténél különös figyelmet kell szentelnünk az antibiotikus hatású adaptív enzimekre. Antibiotikus hatású enzimeket már különben is ismerünk, így pl. Farley (18) által szójababban, burgonyában, májban felfedezett enzim aktív élő baktériumokkal szemben. Amint Farley az általa módosított Warburg-készülékben kimutatta, a holoenzim a baktérium szerkezetének bizonyos anyagait eloxidálja. A Fleming által felfedezett [id. Gillisen (27)] lisozim, ugyancsak ferment, mely a könnyben, nyálban és az orrváladékban fordul elő s litikus hatást fejt ki különböző baktériumokra különösen az általa felfedezett *Mycrococcus lysodeictus*-ra. Ez az enzim, mai tudásunk szerint — polimerizálón és hidrolizálón hat a baktérium membrán egy mukoid — alkatelemére. Gillisen szerint némely enzim ilyen formán a szervezet védelmét szolgálhatja.

Miller és Rekate (70) megfigyelték, amint tuberkulózis baktériumok kultúráján penészgomba növekedett. Megállapításaik szerint ezen — kivizsgált — gombát olyan különleges törzsnek lehet tekinteni, mely a tuberkulózis baktériumokat és a tuberculint is képes megtámadni, ha ezeken növekedik, azonban a tiszta kultúra szűrete mindkettővel szemben hatástalannak bizonyult. A szerzők felteszik a kérdést, vajon nem enzimhatásról van itt szó? Bustinz (11) hasonló megfigyeléseket tett, és a könnyen alkalmazkodni képes gombáknak tuberkulózis baktériumokon való tenyésztésével — úgy véli — a lassú adaptáció bekövetkezte után, a specifikus substratum hiányában is, a specifikusan ható ferment kiválasztása érhető el.

Az újabb idők vizsgálatai (27, 48) rávilágítanak arra a tényre, hogy antibakteriális anyagok képzésére a mikrobák nemcsak tápanyagban szegény médiumban tesznek szert — a kialakuló antagonisztikus relációban — hanem akkor is, ha a specifikus substratum — vagyis a megtámadott baktérium — mellett mikrobiális tápanyagok gazdagon vannak jelen.

Gillisen és munkatársai (27) homogén tuberkulózis baktérium kultúrán *Aspergillus*

flavus oryae-t tenyésztettek. A micéliumképzés kezdetétől a micélium-takaró alatt felvilágosodási zóna jelent meg a tuberkulózis baktériumok által zavarossá tett kultúrfolyadékokban. 8–15 nap után az egész kultúrmédium tiszta volt. Ezt a bebizonyítottan litikus folyamatot különböző *Penicillium*, *Aspergillus* és *Rhizopus* fajok ugyancsak kiváltották. Extrahálva a penicillium esetében a gomba-tbc.-keverékkultúra szűrletéből a szokásos módszerekkel a penicillint, úgy a maradék szűrlet sztafilokokkuszokkal szemben semmiféle hatást nem tanúsított, azonban megmaradt az aktivitása a tuberkulózis baktériumokra. Megfordítva, az extraktum hatott a sztafilokokkuszokkal szemben, azonban nem a tuberkulózis baktériumokra. Biológiai módszerekkel sikerült Gillisennek és munkatársainak kimutatni, hogy keverékkultúrában különleges anyagok jelennek meg, melyeket a penészgombák csak a specifikus substrátumnak (tuberkulózis baktériumoknak) a jelenlétében képeznek és választanak ki a környező médiumba. Gillisen és Meier (26) megállapítják a *Coli-Typhus* antagonizmussal kapcsolatban, hogy a gombáknál általuk korábban leírt »adaptációs antagonizmus« érvényesül az egymás kölcsönös befolyásolási lehetőségeinek kitett baktériumoknál is, s ezeknél is kimutatható, hogy a kevert kultúrában az antagonista a másik ellen irányuló specifikus anyagokat ad le a környező médiumba. Ilyen anyagok jelenlétét keverékkultúrák sejtmentes szűrletében biológiai módszerekkel ki lehet mutatni.

Sztresinszkij (98) a *Penicillium notatum* és a *B. subtilis* kölcsönös antagonizmusával foglalkozva megállapította, hogy ezen formák közül bármelyiknél az antagonisztikus hatás, vagyis az aktív anyagok elválasztásának intenzitása fokozódik a konkurens antibiotikus anyagainak a jelenlétében. Továbbá nevezett mikrobákkal kapcsolatban kimutatta, hogy nemcsak stimulatív hatással lehet ilyenformán számolni, hanem pl. a szóbanforgó baktérium tiszta kultúrában ilyen hatóanyagokat vagy egyáltalán nem termel, vagy olyan kicsiny mennyiségben, hogy jelenlétüket biztosan kimutatni nem lehetséges. Ugyancsak Sztresinszkij (99) más helyen a baktériumok antagonisztikus tulajdonságának irányított kialakítására végzett kísérleteket. Így pl. a *Penicillium notatum* öt napos tenyészetének micéliumát homokkal eldörzsölte s a kapott masszát folyékony tápközeggel hígította, majd Seitz-szűrőn szűrte. A szűrletet kémcsövekbe adagolta. E közegeken fokozatos továbboltással sikerült olyan *B. subtilis* kultúráknál aktivitást elérnie, melyek korábban a penicillium ellen ható biológiailag aktív anyagokat nem termeltek. Kísérletei és a nyert törzsek további megfigyelése alapján arra a feltevésre lehet jutni, hogy a baktériumoknak antibiotikus anyagok elválasztására vonatkozó képessége gyakran csak mint válaszképeni reakció jelentkezik a konkurrens biológiailag

aktív anyagainak jelenlétére. Meghatározott ökológiai feltételek mellett, a nemzedékek sorának folyamán kevert kultúrában ez a tulajdonság örökletesen rögzülhet és az adott forma aktívvá válik már tiszta kultúrában is.

Bergström, Theorell és David (4) *B. pyocyaneum* kultúráit, tuberkulózis baktériumoknak először csekély kiinduló koncentrációjával hozták össze, majd minden áttoltásnál a tuberkulózis baktériumok mennyiségét növelték, úgyhogy végül a *B. pyocyaneum* csaknem tuberkulózis baktériumokon növekedett. Átoltva azután az így kezelt *B. pyocyaneum* törzset tbc-baktériumot nem tartalmazó közegre, szűrletében antituberkulotikus hatást tudtak megállapítani. Ezt az anyagot extrahálva megállapították, hogy az nem ferment, hanem piolinsav.

Vaszilenkó (104) ugyancsak megkísérelte irányítottan antagonisztikus tulajdonságokat kialakítani. Kísérleti objektumként a burgonya bacillus (*B. mesentericus*) szolgált. Megállapítása szerint ezen szervezetnél élő tesztorganizmusokkal történő együttes kultiválás esetén antagonisztikus karaktert lehet kialakítani az utóbbiakkal szemben. Kísérleti eredményei közt legfontosabb megállapítás, hogy lehetőség van e szerzett tulajdonság örökletes rögzülésére, azonban nagy szerepet játszik ennél az együttes kultiválásnál felhasznált közeg tápanyag tartalma. Feltétlenül szükséges ugyanis, hogy az alkalmazott közeg kielégítse legalább a leendő antagonista minimális szükségletét, különben a létrejött antagonista tulajdonság hamar elvesz.

Jandasek (43) rámutat — a *Pseudomonas aeruginosa* és a lépfenebacillus antagonizmusával kapcsolatban — hogy egy baktériumfaj antagonisztikus képessége egy másikkal szemben adaptáció útján fokozódhat. Másrészt Robison észlelte (84), hogy patogén csírák jelenlétében a *P. notatum* penicillin termelése fokozódik.

Kraszilnyikov és munkatársai számos dolgozatukban (52, 53, 58 stb.) azon nézetüket juttatják kifejezésre, hogy az antibiotikumok a mikrobák létért való küzdelmében hathatós fegyverek, s az antibiotikus tulajdonságok az evolúció folyamán a konkurens fajokkal vívott harcban alakulnak ki. A mikrobák közül igen sok az olyan, mely csak a konkurens jelenlétében ad le biológiailag aktív anyagot a környező médiumba. Ez a tulajdonság sok mikrobánál csak kevésbé rögzült örökletesen s az ilyen szervezetek mesterséges táptalajokon azt hamar elveszíthetik. Másoknál az antibiotikum termelés képessége szilárdan rögzült s tiszta kultúrában is tartósan megnyilvánul. Igen sok mikrobánál tapasztalható, hogy gátlóanyag termelő képességüket a konkurens jelenlétében felfokozzák. Így pl. — Kraszilnyikov szerint — (52) az *Actinomyces griseus*

néhány tenyésztete fokozza aktivitását, ha a *B. coli*, *B. subtilis* vagy az *Actinomyces longisporus*-szal együtt tenyésztik. Tiszta tenyésztetben az *A. griseus* említett törzsei 100–150 E/ml mennyiségű aktív anyagot termelnek, vegyes tenyésztetben pedig 250–300 E/ml-t.

Kraszilnyikov, Korenjakó, Nyikitina és Szkrjabin (55) azzal a megállapításukkal kapcsolatban, hogy a mikróba antagonisták antibiotikus gátló spektruma specifikus, és hogy gátlás fajon belül nem mutatható ki, javasolták, hogy az antagonisztikus jelenségek szerepét vegyék figyelembe a mikrobák rendszerezésénél.

Horváth (40) egy sztreptomicin fajjal kapcsolatban szoros összefüggést mutatott ki az antibiotikum termelés mértéke és a mikróbának saját gátló anyagával szemben tanúsított érzékenysége között. Az eredmények azt mutatták, hogy a sztreptomicin faj nem termelt több hatóanyagot, mint amennyivel szemben érzékeny volt. Másrészt a lehetőségek új útjai nyílnak meg nagyobb mennyiségű antibiotikum termelésre azért, hogy a mikrobát saját anyagszere termékeivel szemben ellentállóképesebbé tesszük. Horváth vizsgálataival egyidejűleg McDaniel, Rahway és Hodges a *Streptomyces griseus* sztreptomicin termelésének fokozását úgy érték el, hogy a nevezett mikrobát rezisztensé tették saját hatóanyagával szemben (67). A mikroorganizmusok szelekciójának kérdéseivel kapcsolatos vita összefoglalójában (69) is felhívják a figyelmet a mikroorganizmusoknak saját anyagszere termékeikkel szembeni érzékenységi fokának csökkentésére, ill. ennek ipari jelentőségére.

A mikroszervezetek antagonista tulajdonsága létrejöttére vonatkozó és mesterséges körülmények között végbevitt kísérletek perspektívát nyújtanak a mikrobák tervszerűen irányított átalakítására, különösen gyógyászati szempontok figyelembe vételével (16, 27) s egy lépéssel közelebb visznek bennünket a talajmikrobák antagonizmusa kérdésének megértéséhez.

Antibiotikus hatású anyagok kimutatása, a talajból

Frost (24) kimutatta a tífuszbaktériumok gyors eltűnését a talajból, azonban nem tudta megállapítani a talajkivonat baktericid hatását a tífusz kórokozójára, jóllehet mesterséges táptalajon e talajból izolált egyes mikrobák ezekkel szemben antagonistáknak bizonyultak. Greig—Smith (34) kimutatta, hogy a talajban toxikus anyagok vannak, melyek a *B. prodigiosum* növekedését gátolták. Adatai szerint a talajból ki lehet vonni ezen anyagokat, majd toxicitását újra visszaállítani. Hasonló megállapításokhoz jutott Rubalkina (91) is. Szerinte bizonyos talajextraktumok a *B. mycoides*

életműködését gátolják és gyorsan tönkremenő involúciós sejtek kialakulását idézik elő.

Greig—Smith feltevését már Hutchinson és Thaysen (41) vitatták. Lewis (63), aki a *B. fluorescens* által termelt antibiotikus anyagok talajbeli szerepével foglalkozott, arra a következtetésre jutott, hogy a talajban ezen aktív anyagok teljes adszorpciója következik be. Jóllehet meghatározott oldószerekkel lehetséges ezeket az anyagokat visszanyerni, és bebizonyítani biológiai aktivitásukat, azonban adszorbeált állapotban nem képesek hatni pl. az ezen anyagokkal szemben igen érzékeny *B. cereus* növekedésére. Nickell és Burkholder-nek (77) sikerült egy aktinomiceta talajkultúrájából olyan kivonatot nyerni, mely határozott antibakteriális hatást tanúsított. Waksmann és Woodruff (105) aktinomicin típusú baktericid anyagot extraháltak talajból. Magas biológiai aktivitású extraktumokhoz jutottak még — talajból — Novogrudskij (78) és Filatov (19), Filatov szerint (20) biogén stimulátorok mindenütt keletkeznek, ahol harc folyik a létért, így tavak iszapjában, fekete földben stb., mindenütt, ahol a létért való küzdelem során elpusztult állatok és növények maradványai találhatók.

Vizsgálták még talajkivonatok hatását növényi kórokozókra is. Amíg Sanford és Broadfoot (92) bizonyos talajok antagonizmusát az *Ophiobolus graminis* gombával szemben, gátló hatású anyagszere produktumokra vezetik vissza, addig Garret (25) szerint az ofiobolusszal kapcsolatban megnyilvánuló gátló hatás a talajlevegő CO₂ tartalmától függ. Winter (110, 111) komposztból vizes kivonatot állított elő, melyet szűrő (EK) segítségével, részben hőkezelés útján csíráltatott. Megállapítása szerint a hővel nem kezelt talajkivonatban az *Ophiobolus graminis* fejlődése gátlást szenvedett, mégpedig annál nagyobb mértékben, mennél koncentráltabb volt a kivonat. Ezzel szemben a hővel kezelt igen koncentrált talajkivonatban a növekedés serkentését állapította meg. Humusz-, továbbá vályogtalajokból nyert kivonatok hasonló magatartást tanúsítottak. Mindezek legalább részben termolabilis gátlóanyagok jelenlétére engednek következtetni. Winter (110) szerint a gomba (*Ophiobolus*) jobb fejlődése a talaj hőkezelése után összefügg ezen anyagok inaktíválódásával, mégpedig akár úgy, hogy egyenesen a hő hatására történik meg a hatástalanítás, akár pedig azért, hogy az ezeket termelő antagonista mikrobák előlése után a gátló anyagok biotikus vagy kémiai inaktívációja a talaj méregtelenítéséhez vezet. Ha az első esetben a kérdéses antagonista mikrobák nem pusztulnak el, úgy — Winter szerint — a gátlóanyagok azonnali újraképződése következhet be. Kraszilnyikov és Garkina (51) kimutatták, hogy az általuk vizsgált talajok toxicitása bizonyos mikroorganizmusok — inhibitorok —

életműködésének következtében jelentkezett. Likais (64) vályogtalaj vizes kivonatának hatását tanulmányozta a *Pythium de Baryanum* gomba fejlődésére. A talajkivonatot a következők szerint állította elő: A talajt szitálta, majd Strohmann-féle rázólabdikban deszt. vízzel egy órát rázatta. A kapott extraktumot előbb szűrőpapíron, majd Seitz- (Klär-schicht) szűrőn többször szűrte mindaddig, amíg a folyadék átlátszó nem lett, majd Seitz EK szűrőn csíráltatította. Az így készült kivonat egy részét autoklavban 30 percig 1 atm. mellett tartotta, a hőhatás későbbi vizsgálata érdekében. A Knop-tápotdatban növekedő gombára a kivonat gátló hatást fejtett ki, mely az extraktum növekedő koncentrációjával fokozódott. Hővel kezelt kivonatok esetében az eredmények fordítottak voltak. Más megállapításokat tett — a nevezett szerző — amikor a gomba érzékenységet nem folyékony tápközegben tanulmányozta, hanem szilárd táptalajon (Czapek-agártalaj). Itt ugyanis hővel kezelt és nem kezelt kivonatok hatásában nem mutatkozott lényegbevágó különbség. Így tehát a folyékony és az agártáptalajokon nyert eredmények mintegy ellentmondanak egymásnak. E vizsgálatokkal párhuzamosan a szerző rámutatott arra a tényre, hogy a gomba Knop-féle oldatban már csekély mennyiségű CuSO_4 hozzáadására beszüntette növekedését, amíg a Czapek agáron nagyobb dózist is jól elviselt. Úgy látszik, az agár kolloidjai képesek a különböző anyagok hatását tetemesen megváltoztatni. Végül Likais vályogtalajokkal végzett iszapolási kísérletei alapján arra a megállapításra jutott, hogy a talajnak a *Pythium*-mal szemben megnyilvánuló fertőzőgátló hatása nemcsak a talaj mikroflórájára, ill. termolabilis gátló anyagaira vezethető vissza, hanem közvetlenül magára a talaj fiziko-kémiai viszonyaira is.

Hüvelyesek alól, talajból, Casas-Campillo (12) éterben és alkoholban oldódó frakciót nyert, mely bakteriosztatikus hatású a *Rhizobium*-ra. Ezen anyaggal kapcsolatos vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy az antibiotikum. Misusztin és munkatársai (73) rámutattak, hogy bizonyos talajokban a mikrobák olyan asszociációi fordulnak elő, melyek a mikorrizaképző gombák fejlődését gátló anyagokat választanak ki. Taroverdov (100) feltételezi a tőzeg baktericid hatásának antibiotikus mivoltát. Ezen az alapon — szerinte — nem nehéz megérteni azt a tényt, hogy trágya hozzákeverése következtében a tőzeg baktericid hatása fokozódik. Ez a jelenség kapcsolatos egyes antibiotikumok lúgos közegben bekövetkező hatásfokozódásával. Viszont az autoklavozott tőzegtrágya keverék azért nem tud baktericid hatást kifejteni, mivel a mikroflóra teljesen elhal, és a humuszsavak viszont — melyek bizonyosfokú bakteriosztatikus hatását a szerző nem tagadja — neutralizáltnak. Fenn áll a lehetőség arra is, hogy a hőkezelés során (autoklavban) a tőzeg mikro-

flórája elpusztulása után még a hőálló antibiotikumok aktivitása továbbra is megmarad. Taroverdov fenti megállapításaival párhuzamosan legyen szabad megemlíteni Kraszilnyikov és munkatársai (59) legújabb eredményeit, melyek szerint a tőzegtalajok aktinomiceta mikroflórájának antibiotikus aktivitása valamennyi vizsgált talajé közül a legalacsonyabbnak mutatkozott. Így a nevezett szerzők a minszki tőzegtalajok öt mintájában egyetlen antagonista aktinomicetát sem tudtak kimutatni.

Kísérleteket végeztek különböző tápforrásokkal kiegészített talajokban az antibiotikumok termelését vizsgálva. Így Nandi (75) szénhidrátokkal gazdagított nem steril talajban antibiotikus anyagok termelését mutatta ki a kifejezett antibakteriális tulajdonságú kivonathoz sikerült jutnia. Hasonló vizsgálatokat végzett Grossbard. Szénhidrátokkal kiegészített, hővel kezelt talajokban, antagonista gombákkal való beoltás után, antibakteriális anyagok fellépését igazolta kivonatok segítségével (35, 36, 37). Így megállapította több penicillium fajról, az *Aspergillus clavatus*-ról és az *A. terreus*-ről, hogy gazdagított talajokban antibiotikumot képeznek. Végül Grossbard (38) kimutatta, hogy a *P. patulum*, *A. clavatus*, *A. terreus* gombák antibiotikus anyagokat termelnek, ha olyan organikus anyagokon növekednek, melyeket trágyaként használnak, vagy használhatnak. Az antibiotikumok termeléséhez alkalmas anyagok komposztálás útján alkalmatlanná válhatnak, de ezeken glukóze hozzáadására ismét megindul a termelés. Adatai — legalább is a vizsgált szervezetekkel és a felhasznált anyagokkal kapcsolatban — hangsúlyozzák a szénhidrátok elsődrendű jelentőségét az antibiotikus anyagok képzésénél. Úgy látszik, hogy a talaj — legalább is autoklavozás után — mindazokat a szükséges feltételeket tartalmazza, melyeket az antibiotikumok termeléséig kíván, kivéve az energiaszolgáltató anyagokat. Kísérleteket végzett annak megállapítására, hogy vajjon a hővel nem kezelt talajokban is hasonlóan alakulnak-e a körülmények. A talaj sterilizésére kidolgozott egy olyan eljárást, mely nem vezet a tápanyagok hőkezelés folytán bekövetkező feltáráshoz. Az ilyen talajban glukóze hozzáadására — bár csekélyebb mértékben, — de tapasztalható volt az antibiotikumok termelésének. A megállapítások között számunkra legfontosabb azon összefüggések felismerése, miszerint bizonyos párhuzam található a felhasznált gombák talajbeli antibiotikum termeléséhez szükséges, továbbá bizonyos gyökérbetegségek kezeléséhez szükséges feltételek között. Így több szerző vizsgálatai is arról tanúskodnak, hogy magas szénhidrát-tartalmú anyagok bevitele a talajba sokszor hatásosnak bizonyult gyökérbetegségek leküzdésére. Ezek szerint fennáll a lehetőség, hogy a bevitt anyagok nemcsak a mikroflóra összetételében hoznak létre változásokat, hanem a növényi patogénekre

gátló hatást kifejtő antibiotikumok legalább helyenkénti és időlegesen magasabb koncentrációját idézhetik elő.

Gregory, Allen, Riker és Peterson (33) vizsgálták az antibiotikumok termelését és stabilitását a talajban. Tesztorganizmusként a *Pythium de Baryanum* gombát alkalmazták. A *Penicillium patulum*, *Trichoderma viride* és egy *Streptomyces* (A 67), továbbá egy talajbacillus (B 6) steril talajban teljesen megátolták a kérdéses gomba növekedését, ha a talaj megfelelő organikus anyagokat tartalmazott. A *Bacillus B 6* nagyobb antibiotikus hatást fejtett ki az ilyen talajban, mint kultúrmediumon. A *P. patulum* és a *B 6* nemsteril talajban is kimutatható mennyiségű antibiotikumot termelnek, ha a talaj 0,5% szójabablisztet, 0,5% glucoset, 0,2% »corn-steep-liquor« tartalmazott. A talaj antibiotikus hatássága maximumát négy napos inkubációs idő után (30 C° mellett) érte el, azonban hatás 8 nap után már nem volt kimutatható.

Kraszilnyikov szerint (57) a talajban fejlődő antagonista mikroorganizmusok antibiotikus anyagokat választanak ki környezetükbe. Ha ezek a szervezetek nagy számban fejlődnek, nagy lesz a talaj antibiotikus-anyag tartalma. Az olyan talajokban, melyek humusz-anyagokban, organikus anyagokban gazdagok, antibiotikum is több van, mint ilyenekben szegény talajokban. A rizoszferában a növények gyökere és a mikrobák között végbemenő anyagcserében antibiotikus anyagok is szerepelnek. Brian, Wright, Stubbs és Way (8) is rámutattak arra, hogy a talajban az antibiotikumok produkciójára legmegfelelőbb hely a rizoszfera és az energetikai lehetőségeket nyújtó bomló növényi maradványok közelsége. Kraszilnyikov és munkatársai 1946–51-ig végzett kísérleteik alapján megállapítást nyert, hogy a magasabbrendű növények fel tudják venni gyökérrendszerük révén az antibiotikumokat (56, 57), s ezen anyagok innen eljuthatnak a legkülönbözőbb szövetekbe s szerepet játszhatnak a növények immunitásában. Az a tény, hogy antibiotikumok, mint bonyolult szerves vegyületek a gyökerek által felvehetők a talajból, nagy fontosságú a magasabbrendű növények táplálkozásfiziológiai kérdéseinek megértése és megoldása szempontjából. Kraszilnyikov megállapítása szerint azoknak a növényeknek a nedve, melyeket laboratóriumi körülmények között, steril viszonyok mellett tenyésztettek, kevésbé baktericid hatásúak, mint azoké a növényeké, melyek a szabad természetben, pl. mezei körülmények között növekedtek. Winter és Willeke (117) kutatásai szerint a streptomycin és a penicillin a növények gyökérrendszerén keresztül a szövetekbe jutva, ott megőrzi biológiai aktivitását. Brian és munkatársai (8) dolgozatukban beszámolnak növényeknek parazitákkal szemben tanúsított ellenállóképességének fokozásáról antibiotikus anyagoknak (griseoful-

vin) a gyökereken keresztül bekövetkezett felvétele révén. Kísérleteikből arra lehet következtetni, hogy megfelelő antagonista mikrobáknak a talajbavitelével, továbbá ugyanitt az antibiotikum produkció létrejöttéhez szükséges energetikai lehetőségek megteremtésével a növények földfeletti részeinek is fokozott ellentállóképességét biztosíthatjuk. Sok kísérletre van azonban még szükség.

Végül feltétlen említést érdemel, hogy a talajban igen sok biotikus és abiotikus eredetű gátló anyag lehet jelen, melyek jelentősége egyes esetekben sokkal nagyobb, mint azt korábban gondoltuk. Így a talajba kerülő és lebontásra váró növényi alkatelemekben antibiotikusan ható anyagok gyakran tekintélyes koncentrációban fordulnak elő. Ilyen baktericid hatású növényi eredetű gátló anyagok elterjedése ismeretes Tokin (103) vizsgálatai alapján. Hogy ezek a talajban mennyire befolyásolhatják a mikrobiális életközösségek egyensúlyát, arról ma még nem sok fogalmunk van. Naumova (76) a gyapotra és a talaj mikroflórájára egyaránt gátló hatású toxikus anyagok talajbeli felhalmozódását tapasztalta a többéves lucerna után.

Antibiotikumok stabilitása a talajban

Azonban a talaj — írja Sztresinszkij (98) — túlságosan bonyolult képződmény ahhoz, hogy ezekből olyan antibakteriális tulajdonságokkal rendelkező anyagokat, melyeket minden bizonnyal meghatározott mikróba csoportok életműködési termékeinek tarthatnánk, egykönnyen ki lehetne vonni. A talajban az aktív felületek nagy bősége, az adszorpciós lehetőségek, a minerais és organikus anyagok gazdag előfordulása, melyek kémiaiailag könnyen reagálnak, és végül az élőlények sokasága a maguk életműködési folyamataival igen csökkentik annak valószínűségét, hogy az antibiotikus anyagok a talajban aktív állapotban többé-kevésbé hosszabb ideig megmaradhassanak. Az antibiotikumok egész sorának fizikai és kémiai tulajdonságai arról tanuskodnak, hogy közülük a legtöbb könnyen inaktívalódhatik a talaj fiziko-kémiai és biológiai faktorainak hatása alatt.

Kraszilnyikov (57) az antibiotikumoknak talajban bekövetkező gyors degradációja miatt célszerűtlennek tartja ezen anyagok talajbeli bevitelét a növények kórokozókkal szembeni ellentállóképességének fokozására. Antibiotikus anyagok talajbeli hatásvesztésére gyanakodtak korábbi munkájukban Gottlieb és Siminoff (29).

Jefferys (44) az antibiotikumoknak talajbeli inaktíválásánál négy tényezőnek a szerepét hangsúlyozza: 1. pH-viszonyok, 2. Biológiai inaktíváció, 3. Adszorpció és 4. A hatástalanítás néhány más formája.

Tekintsük át sorjában a fontosabb tényezőket szerezpét:

Adszorpció: Antibiotikus anyagoknak a talajban adszorpció útján bekövetkező teljes hatásvesztésére már Lewis (63) felhívta a figyelmet. Hasonlóan Waksman és Woodruff (105) vizsgálatai az aktinomicin talajbeli adszorpciójára engednek következtetni. A talaj adszorpciók képessége a szervetlen és szerves (agyag ill. humusz) kolloidokban való gazdagságával kapcsolatos. Likais (64) megállapította, hogy a *Pythium de Baryanum* kórokozó gomba fertőzésszintézisét a talaj-típus lényegesen befolyásolhatja. Kolloidokban gazdag talajokban az infekció általában gyengébb mérvű. Vizsgálatai szerint nemcsak *Pythium*-fajok, hanem antagonista mikrobák is Knop-táptalajban olyan toxinokat képeznek melyek növényekre káros hatásúak. A toxikus anyagok talajbeli érvényesülését azonban lényegesen befolyásolják az uralkodó adszorpciók lehetőségei. Thornton (102) megállapította, hogy antagonista aktinomiceták a *Fusarium culmorum*-ot olyan tápközegen is képesek gátolni, melynek összetétele a talajénak megfelel. Ezért gyanítani lehet, hogy a talajban magában is képződik antibiotikum. Mivel mesterséges táptalajon az antibiotikum produkció felszíni aktív anyagoknak — mint pl. bentonitnak — a hozzáadására gátlást szenvedett, következtetni lehet, hogy a természetes talajokban az agyagkolloidok hasonló szerepet tölthetnek be. Azt tapasztalta, hogy a *Fusarium culmorum*-ot antagonista aktinomiceták homoktalajban tetemesen gátolták, míg vályogtalajban kevésbé. Siminoff és Gottlieb (95) azt tartják, hogy a talajban valószínűen bázikus antibiotikumok, mint amilyen a sztreptomycin, biológiailag aktív szerepet nem játszanak. Ugyanis az az antagonizmus, amely kísérleteikben a *S. griseus* és a *B. subtilis* között talajban kialakult az első javára, nem lehetett a sztreptomycin kiválasztásának az eredménye, mivel a sztreptomycin a talajban adszorpció útján inaktíválódik. Az antagonisták által termelt sok olyan antibiotikus anyag, mint a sztreptomycin, sztreptotricin, tirotricin, subtilin, stb. bázikus karakterű. Gieseking (id. 95) kutatásai szerint a nagymolekulájú bázikus anyagokat az agyagok nagyfokú irreverzibilitással adszorbeálják. A sztreptomycinnel végzett báziscserélési kutatások megerősítik ezeket a megállapításokat. Elképzelhető, hogy a talajban a termelt sztreptomycin úgy is hathat az érzékeny mikroflórára, hogy adszorpciója után a kolloidális komplexumból más kationnal lecserélődik. Azonban az ilyen irányú kísérletek arra engednek következtetni, hogy az adszorpció nagyfokú irreverzibilitással megy végbe, s a sztreptomycin nehezen szabadítható fel. Megállapítást nyert, hogy a sztreptomycin adszorpciójánál a talaj szerves anyagai is nagy szerepet játszhatnak. Az a végső lehetőség, hogy a sztreptomycin adszorbeált állapotban is aktív marad-

hat, a kísérletek tanúsága szerint ugyancsak nem áll fenn. Így különböző mennyiségű sztreptomycinrel kezelt talajokban a *B. subtilis* fejlődése semmivel sem volt rosszabb, mint a kontrol talajokban. Siminoff és Gottlieb szerint eredményeik a sztreptomycin termelését természetes talajviszonyok között nem zárják ki, de még ha ez meg is történik az antibiotikum oly gyorsan adszorbeálódik, és ennek következtében inaktíválódik, hogy a mikrobiális egyensúlyra valószínűen nincsen hatással. A talaj adszorpciók jelenségeire vonatkozó ismereteink alapján — írják a szerzők — feltehetjük, hogy sok bázikus antibiotikumnak ugyanolyan sorsa lesz, mint a sztreptomycinnek. A sztreptomycin talajbeli adszorpcióját Jefferys (44) is igazolta. Megállapítása szerint azonban a savanyú vagy neutrális gomba eredetű antibiotikumok inaktíválásánál kevésbé lényeges tényezőnek mutatkozott az adszorpció.

Martin és Gottlieb (66) a természetes talajoknak a terramicin és az aureomicin antibiotikumokra gyakorolt befolyását tanulmányozták. Megállapították, hogy a talaj agyagkomponensei mindkét antibiotikumot adszorbeálják. Továbbá azt tapasztalták, hogy ezek savanyúan reagáló vegyületek formájában aktivitásukat inkább megőrzik, mint bázikus formában.

Hidrogénionkoncentráció: Abraham és Duthie (1) szerint a bázikus antibiotikumok hatása a médium emelkedő aciditásával csökken. A pH befolyásolhatja az antibiotikumok adszorpciójának mértékét (44). A talaj pH jelentőségét Jefferys különösen az albidin, frequentin, gliotoxin, penicillin és viridin esetében tapasztalta. Brian (6) hét antibiotikum talajbeli stabilitását tanulmányozta. A glutinosin, gladiolininsav, griseofulvin és a patulin kutatásai szerint oly lassan inaktíválódnak, hogy néhány hét után a talajban még kimutathatóak. A gliotoxin stabilitása függ a talaj pH értékétől, neutrális közegben erősen csökken, savanyú talajban (pH 3–4-ig) hosszú ideig megmarad. Hasonlóan áll a helyzet a viridinnél. A nemsteril talajban a mikrobiális inaktíváló hatás érvényesül, úgyhogy pl. a penicillin a természetes talajokban 72 óra után többé nem mutatható ki.

Biotikus tényezők: inaktíváló szerepe nagy jelentőségű. Kraszilnyikov és Nyikitina szerint (53) helytelen volna feltételezni, hogy egyes mikroba fajok a létért való küzdelemben, történelmi fejlődésük során, evolúciónálisan képességet szereznek antibakteriális anyagok termelésére, mások viszont önvédelemre képtelenek maradnak. Az ilyen toxikus anyagokat kiválasztó mikrobák konkurrencsei alkalmazkodási folyamatok útján képességet szereznek megfelelő ellenanyagok termelésére. Feltételezhető, hogy nincsenek olyan toxinok, melyekkel vonatkozásban álló mikrobák ne tudnának antitoxinokat termelni vagy más olyan anyagokat, melyek hathatós

szerepet játszanak a káros anyagszere termékek inaktíválásában. Kraszilnyikov 1943-ban (53) rámutatott, hogy a micetin, aspergillin, stb. aktivitása tetemesen csökken, ha a közegben baktériumok vagy azok életműködési termékei vannak jelen. Ezzel kapcsolatban megállapítható volt — írja Kraszilnyikov — hogy antibiotikus anyagoknak pl. a sztafilokokkuszra gyakorolt antibakteriális hatása jelentősen csökkent kevert kultúrában. Pl. a micetin 1:10 000 hígításban teljesen gátolta a sztafilokokkuszok tiszta kultúrájának növekedését, amíg a *B. proteus* jelenlétében, vagy más baktérium fajok együttes alkalmazása esetén az antibakteriális effektus vagy teljesen elmaradt, vagy igen gyenge volt. Az antibiotikumok inaktíválásában szerepet játszhatnak enzimek, mint pl. a penicillinaze vagy organikus vegyületek, mint pl. piroszőlósav vagy fumársav, stb. melyek inaktíválják a sztreptomocint, stb. Kraszilnyikov kísérletei szerint a különböző baktériumok különböző hatással vannak az antibiotikumokra. Az egyik faj ugyanazon antibiotikumnak meggátolja az aktivitását, a másik fokozza, a harmadik közömbös vele szemben. A legkönnyebben és a leggyorsabban inaktíválták a baktériumok a penicillint, azután a sztreptomocint, legkevésbé a micetint.

Evens és Gottlieb (17) a gliotoxin talajbeli sorsával kapcsolatban a következőket állapították meg: A *Trichoderma viride* antagonistaával beoltott steril talajban a gliotoxin kimutatható, a nemsterilben azonban nem. Steril talajban a gliotoxin tartalom g/0,2 γ -ra emelkedhet. Gottlieb és Siminoff (30) kimutatták, hogy a *Streptomyces venezuelae* antagonista kloromicetint talajban is képes termelni. Ezen antibiotikum talajbeli produkciója fokozódik tripton adagolására. Mindez azonban csak steril talajra érvényes. Ha nemsteril talajt oltunk be a kérdéses antagonistával, úgy az antibiotikum a jelenlévő mikroflora enzimatisz tevékenysége következtében lebomlik.

A penicillium fajok által termelt notatint egyes élesztők könnyen lebontják s Winter feljegyzése szerint (113) egy penicillium törzs antibiotikus anyagait — melyek hatásosak voltak az *Ophiobolus graminis* gombával szemben — egy *Cladosporium* faj ártalmatlanná tette. Sztresinszkij közli (98) hogy a *Penicillium notatum* és a *B. subtilis* általa vizsgált törzsei egymás antibiotikus anyagait kölcsönösen inaktíválhatják. A biológiai inaktíváció valamilyen formáját észlelte Jefferys (44), aki szerint a hővel kezelt talajban egyes antibiotikumok hatástalanítása kevésbé gyors, mint a kezeletlenben. Pramer és Starkey (81) a sztreptomocin talajbeli sorsával foglalkoztak. Más szerzőktől eltérő eredményekhez jutottak s ez talán eltérő talajstruktúrával magyarázható. Streptomocint 1000 γ /g talajnyi mennyiségben adtak hővel kezelt talajhoz. Három hét leforgása alatt az aktivitás

csökkenését nem figyelték meg. Ezzel szemben nemsteril talajban egy héten belül a sztreptomocin fele lebomlott s két hét után sztreptomocin nem volt többé kimutatható. Ezen nemsteril talajból izoláltak baktériumokat — melyek mind a *Pseudomonas* genus-hoz tartoztak — s amelyek a sztreptomocint igen rövid idő alatt enzimatisz úton inaktíválták. Wallhäuser (108) gomba eredetű gátló anyagok baktériumok általi inaktíválásának tanulmányozására a következő kísérletet hajtott végre: *Aspergillus terreus*, *Penicillium* sp. és *P. expansum* 7 napos Czapek—Thom-tápot talaj kultúrájának szűrletét ammóniumlaktattal látta el, majd pH 7-re állította be és utána Nr. 15 membránszűrőn át csíramentesítette. Steril reagens üvegbe 5 ml membránon szűrt oldatot tettek és 1 ml 6 napos baktérium kultúrával oltották. Négy napig tartó keltezés után megállapították a szűrlet gátló értékét és a baktériumok vitalitását. Az eredmények azt mutatták, hogy a felhasznált 23 baktériumtörzs közül 18 részben inaktíválta az *A. terreus* gátló anyagait. A *Penicillium spec.* szűrletének hatását valamennyi baktérium többé-kevésbé inaktíválta, nyolc esetben teljesen, míg a *P. expansum* szűrlete igen stabilnak bizonyult és csak öt esetben volt részleges inaktíválás megállapítható.

Gottlieb, Siminoff és Martin (31) a talaj hatását tanulmányozták a neutrálisan reagáló actidionra és a savanyúan reagáló clavacinra. Az aktidionra, majd a klavacinra is sikerült kimutatni, hogy ezt vizes oldatából a talaj agyagkolloidjai nem adszorbeálják. Ha a talajba aktidiont viszünk be és ezt párhuzamosan a *Pythium de Baryanum* kórokozó gombával beoltjuk, úgy ennek növekedése teljesen visszaszorul. Aktidiont az antagonista *Streptomyces griseus* talajban csak akkor képez, ha ebben elegendő organikus anyag van jelen. Amíg a zabszalma ilyen szempontból eredményt nem adott, a szójababliszt már igen alkalmasnak bizonyult. Nem steril talajban az aktidion 11 nap után többé nem mutatható ki a biogén inaktíváció folytán.

Egyéb faktorok: Jefferys (44) úgy tartja, hogy az antibiotikum kémiaiilag reagálhat talajalkatelemekkel vagy ez utóbbiak az inaktíválásnál mint katalizátorok működhetnek. Daines (10) szerint a *Trichoderma lignorum* által képezett és az *Actinomyces scabiess* szemben aktív anyag a talajban a levegő oxigénjének hatása alatt gyorsan lebomlik. Weindling [cit. Likais (64)] a *Trichoderma lignorum*-nak a *Rhizoctonia solani*-ra gyakorolt antagoniztisz hatásával kapcsolatban megállapította, hogy a toxikus hatású anyag lebomlik, midőn a pH érték emelkedik, azonban eza folyamat 2° C-on lassabban megy végbe, mint 24° C-on. A talaj hőkezeléssel véghez vitt parciális sterilizációjánál termolabilis gátlóanyagok lebomlása megy végbe [Winter (113)].

Szideri szovjet kutató (97) a talajmikrobák antagonizmusát a talaj termékenységével kapcsolatban tanulmányozta. Abból az összefüggésből indult ki, hogy a talaj termékenységének fokozása vonatkozásban van az ellenállóképes humusz oxidálásával és az organikus kötött nitrogénnek nitrát nitrogéné váló átalakulásával. Már korábbi vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy ezen oxidációs folyamatok fokozását lehet elérni bizonyos antagonista mikrobák egyidejű elnyomásával. Szideri feltételezi, hogy az antagonista mikrobák által a talajban termelt toxikus anyagcsere termékek reagálnak a baktériumok oxidációs enzimeivel és ezeket inaktívalhatják. A feladat mármint a nevezett szerző szerint, a talajmikrobák oxidatív tevékenységének és az antagonista mikrobák szerepének tervszerű szabályozása. Az utóbbi években — írja — az antagonista mikrobák által termelt toxinok hatásmechanizmusával kapcsolatban megállapították, hogy bizonyos fémek pl. cink, kadmium, kobalt, vas, stb. képesek ezek aktivitását serkenteni vagy gátolni. Továbbá már 1943-ban felfedezték a bór, mangán, réz, stb. feltartóztató hatását az antagonista mikrobák fejlődésére. Szideri kísérleteiből úgy tűnik, hogy bizonyos mikroelemeknek a talaj termékenységére gyakorolt igen kedvező hatása kapcsolatos a talajmikrobák antagonisztikus kölcsönhatásában mesterségesen kiváltott kedvező változásokkal. Így bizonyos nyomelemek adagolásával elérhető az antagonista mikrobák erőteljes fejlődése ellenére más mikroorganizmusok gátlásának megszüntetése, ami magyarázható a toxikus anyagcsere termékek inaktíválásával.

Új szempontok és módszerek a talajmikrobák antagonizmusa kutatásánál

Az antibiotikus kapcsolatok tanulmányozásánál elsődrendű fontosságú a mikrobák talajbeli elhelyezkedésének ismerete. Kraszilnyikov szerint (49) a mikrobák a talajban nem egyenletesen oszlanak el, hanem góciókban fordulnak elő. Minden ilyen gócióban azonos fajhoz vagy néhány egymással nemversengő fajhoz tartozó egyedek fejlődnek sajátos populációkat alkotva (52). Ezen gócok népessége sokszoros metabiotikus kapcsolatban áll egymással. A mikroszervezetek kolóniái gyakran a pórus szögletekben helyezkednek el, amikor is a baktérium kolóniákat fonalformájú szervezetek növik keresztül és ilyen módon nagy elaszticitású élő hidak jönnek létre [Sékera (94)]. Feltételezhető, hogy az egymással érintkezésbe kerülő gócok között antibiotikus hatások is érvényre jutnak. Ilyenkor antibiotikus anyagok »in statu nascendi« tetemes hatást fejthetnek ki [Ruschmann (89)]. Az egymással közvetlen kontaktusba jutott mikrobák antibiozisa a talajban nagy jelentőségű lehet. Inszenyckij és Kuzjurin a vizsgálati alapján (42) ismeretes, hogy a mixo-

baktériumok és más baktériumok közötti antagonista viszony kialakulásához — az első javára — még mesterséges táptalajokon is a legszorosabb kontinuitás szükséges. Ilyenkor a szerzők feltevése szerint először a baktériumsejteket különleges anyagokkal előlik, majd utána proteolitikus enzimek segítségével megemésztik őket. Az antibiotikum termelő mikrobák és a magasabbrendű növények gyökérrendszere között a rizoszféraiban létrejövő szoros kontinuitás teszi lehetővé a növények számára az antibiotikus anyagok felvételét a talajból (8) mielőtt bármiféle inaktíváló hatás érvényesülhetne. Weindling közlése szerint [cit. Winter (112)] a *Trichoderma lignorum* letalisan ható anyagok kiválasztásával antagonista a *Rhizoctonia solani*-ra, *Phytophthora parasitica*-ra és más parazitákra. A *Trichoderma* micélium miután a nevezett paraziták közvetlen közelébe jut, részben spirálisan körülövi azokat, majd toxikus anyagokkal előli és behatol hifájukba. A feltevések szerint a talajban az antagonizmusnak az a formája lehet a legelterjedtebb, amikor a konkurensnek csak egymás jelenlétében termelnek gátló anyagokat. Mesterséges táptalajokon megnyilvánuló ilyen jelenségeket korábban már ismertettük.

Másrészt a talajmikrobák gócszerű elhelyezkedésének jelensége a védekezés hathatós formájának fogható fel antibiotikus hatásokkal szemben. Így Frahm és Lembke (22) a mikrobáknak az antibiotikumok kis koncentrációjánál megnyilvánuló fokozott szaporodását ezek kompenzatív védekezésével magyarázzák, s azt tartják, hogy sűrűbb populációknál a generáció-tartam meghosszabbodik és az egyedek kevésbé megtámadhatóak. Viszont a gócokba tömörült népesség összegezett antibiotikus hatást tud kifejteni, s így az antagonisták ereje egyedszámuk nagyságától is függ [Kraszilnyikov (52)] s ezek gyors szaporodásukkal realizálják képességüket antibiotikus hatások kifejtésére.

Számolni kell azzal is, hogy a talajokban igen gyakran az antibiotikumok kis koncentrációjuk következtében serkentően hathatnak (108). Ha tekintetbe vesszük, hogy a metabiotikus rendszerek [egyes mikrobiális gócok, Kraszilnyikov (49)] kialakulásakor fokozódó konkurencia viszonyok — antibiotikus hatások útján — stimulációt idézhetnek elő, akkor fennáll a lehetőség, hogy ez a stimulatív hatás gyorsíthatja az életközösségek adaptációját és a mikrobiológiai folyamatok aktivitását. Sőt Kraszilnyikov-nak (56) sikerült kimutatnia, hogy egyes antibiotikumok, melyeket a növények gyökérrendszerükön keresztül felvesznek, kis dózisban aktiválhatják ezek növekedését.

Nem kétséges, hogy a természetes talajokban a mikrobák antagonisztikus kölcsönkapcsolatai rendkívül bonyolultak, mikor nemcsak kör-

okozó mikrobákkal szemben, hanem egymás között is kereszt-antagonizmusok útján szinte áttekinthetetlen gátlásrendszerek alakulnak ki [Lochead és Landerkin, cit. Lochead (65)].

Számunkra legfontosabbnak látszik, hogy valamilyen módszer segítségével közvetlenül meggyőződünk a talajban végbemenő antagonisztikus történésekről. Ezzel kapcsolatban egy lépést jelent előre W i n t e r módszere (112. stb.) Lényege a következő: A maximális vízkapacitásának 40%-ára megnedvesített vizsgálati talajt Petri-csészébe teszi, s ebbe olyan tárgylemezt ágyaz be, melynek felületére két kerek a vizsgálandó szervezet pl. gomba által benőtt, 6 mm átmérőjű agárkorongot helyezett. Az így kezelt tárgylemez eredeti talajba is elátható. Az agárkorong a kísérlet célja szerint tartalmazhat tápanyagokat. Bizonyos idő eltelte után a tárgylemezt a Petri-csészéből eltávolítja és pl. a hifák maximális növekedését az agárkorong széle és az üveglemezen ettől legmesszebb eltávolodott hifa vége közötti távolság alapján megállapítja, továbbá tekintetbe veszi a hifák sűrűségi és egyéb viszonyait is, melyekből következtetni lehet a fejlődést befolyásoló tényezők kedvező vagy kedvezőtlen voltára. Ezen lényegében módosított Cholodny lemezes eljárás segítségével értékes utalásokat lehet nyerni valamely szervezet fejlődés viszonyaira vonatkozóan, pl. partiálisan sterilizált és kezeletlen talajban. Másrészt mikroszkópos úton tanulmányozhatjuk legalább is a morfológice megkülönböztethető mikrobák bizonyos talajbéli kapcsolatait. Így W i n t e r-nek (114) sikerült felvételeket készíteni, melyek szerint pl. az *Ophiobolus graminis* gomba hifáit ezzel valószínűen metabiotikus kapcsolatban álló baktériumok és gombák mintegy »hyphosphera«-szerűen veszik körül, másrészt bizonyos baktériumok ugyancsak a hifákon felhalmozódva ennek fejlődésére — egyébként kedvező körülmények között — teljes gátló hatást fejtenek ki. W i n t e r szerint (116) feltétlenül szükség van Cholodny ezen módosított eljárásának további fejlesztésére. A tápanyagok bevitelére a talajba lényegében oldhatatlan növényi alkatrészek formájában történik, melyekben, vagy ezek szomszédságában, a fontos mikrobiológiai folyamatok végbe mennek. Ilyen növényi részeket, vagy más, a talajban gyakran előforduló nem oldódó tápanyagokat kell elhelyezni Cholodny-lemezekben, s megkísérlni a párhuzamosan végbemenő mikrobiológiai egyensúly-változások tanulmányozását. Ezt W i n t e r eljárásával úgy is lehet kombinálni, hogy a kérdéses táplálék részecskéit és az ezzel kapcsolatban vizsgálandó mikrobát csekély távolságban együttessen visszük fel a lemezre, utána ellássuk, s egy idő múlva — megfelelő preparálás után mikroszkóp alatt tanulmányozzuk a fejlődési viszonyokat. Hasonló eljárással K r i u c h k o v a (61) már jóval korábban (1934) végzett kísérleteket.

Mindezen módszerek tetemes hátránya — az egyes mikrobák elkülönítésének sokszor áthidalhatatlan nehézségei mellett — az, hogy a mikroszkópos vizsgálatnál nem lehet különbséget tenni élő és elhalt sejtek között. Pedig ez éppen az antagonisztikus viszonyok kutatásánál elengedhetetlen. Ezen hiányosság kiküszöbölésére W a l l h ä u s e r (108) a Cholodny-lemezek fluorokromozásával próbálkozott. E módszerrel igen sok esetben sikerül az elhalt és az élő sejtek elhelyezkedésének megállapításával bizonyos utalásokat nyerni antagonisztikus hatásokra, azonban ezen viszonyok felderítése — fluorokromozás útján — a természetes talajokban elhelyezett Cholodny-lemezekben már igen nagy nehézségekbe ütközik. Itt ugyanis számos általunk nem ismert mikróba — a membrán effektus folytán — a pontos kiértékelést lehetlenné teszi.

A talajmikrobák antagonisztikus viszonyai, s e folyamatok mechanizmusának felderítésénél kétségtelen nagy nehézségeket okoz a talaj fizikai, kémiai és biológiai viszonyainak rendkívül sokrétűsége. Az antibiotizis természetbeni szerepére vonatkozó vizsgálatok nem mindenütt küzdenek ilyen nagy nehézségekkel. Így O p p e r m a n n (79) kimutatta, hogy a farontó bazidiomiceták, természetes körülmények között, tehát a megtámadott fa szövetekben, egymást hathatósan tudják antibiotikumokkal befolyásolni. Miután a nevezett szerző az eredeti szubsztátumon az antibiotizis jelenségét aránylag egyszerű módszerekkel bizonyította be, kifejti azon nézetét, hogy a vizsgált gombák antibiotikus anyagokat természetes viszonyok mellett is képeznek és meghatározott körülmények között ezen anyagok nagy jelentőségűek a farontó gombák ökológiájában.

Kétségtelen, hogy a talajmikrobák szimbiotikus és antibiotikus kapcsolatainak kutatásánál figyelmünket egyre inkább a kicsiny mikrobiális gócok [K r a s z i l n y i k o v (49, 52)] életére és a szomszédos gócok kölcsönviszonyaira kell fordítanunk. Fokozottabban kell kutatnunk a talaj legkisebb tereinek (116) ökológiai viszonyait, nem felejtve el, hogy ezek úgy illeszkednek a talaj általános környezeti viszonyaihoz, mint kis klíma a nagy klímába. Helytelennek kell minősíteni azt az irányzatot, mely kizárólag csak a talaj általános kémiai és fizikai viszonyaihoz indul ki — igen egyoldalúan — és nem veszi figyelembe a talajmikrobiológia sajátos módszereivel elért eredményeit.

Véletlen vagy szükségszerűség?

A talajmikrobák antagonizmusának felderítésére irányuló kutatások kétségtelenül azt bizonyítják, hogy a talajok szaprofita mikroflórájának igen sok tagja képes — legalább is mesterséges táptalajokon — antibiotikus anyagokat képezni. R u s c h m a n n szerint (89) kétségtelen, hogy a tipikus humuszképzők és humuszszelők,

a szabadon élő nitrogénkötő baktériumok és általában a termékeny talajok legismertebb kísérő baktériumai a legfeltűnőbb szimbiontákhoz és antibiontákhoz tartoznak. Brian (6) ugyan csak kiemeli azt a tényt, hogy az antagonisták legnagyobb mennyisége a szaprofita talajlakók soraiból kerül ki. Alig van adat, azonban antibiotikumok előfordulásáról patogén mikroorganizmusoknál, s ha ilyen eset fenn is áll, többnyire olyanoknál, melyek szaprofitikus növekedési fázisukat is a talajban töltik és csak a magasabbrendű növények gyökereit és földalatti szárrészeit képesek megtámadni, és sohasem kifejezett levélpazarítók.

Az is kétségtelen, hogy a mesterséges táptalajokon észlelt gátlási viszonyok nem azonosíthatók az eredeti talajokban végbemenőkkel. Azonban a bizonyítékok sora a természetes talajokban is az antagonisztikus hatások kétségtelen voltát igazolják. Ami ezen gátlások mechanizmusát illeti, leginkább tanulmányozott az antibiózis, vagyis az antibiotikus anyagok útján kiváltott antagonista hatás. Antibiotikus anyagokat a mikrobák a talaj körülményei között is képesek termelni, és ezek jelenlétét különböző talajokból számos esetben kimutatták. Jóllehet rengeteg adat gyűlt már össze az antibiotikumok talajbéli hatástalanításával kapcsolatban, annyi mégsem, hogy ezek alapján a természetes talajokban végbemenő antibiózist tagadni lehetne [Brian (7) stb.].

Egyes szerzők azonban [Ciffery (13), Thaysen (101), Lewis (63), Gottlieb és Siminoff (29, 30, 31), stb.] az antibiotikumoknak a természetes talajokban különböző faktorok hatása alatt bekövetkező inaktivációjából indulva egyre inkább arra az állás-

pontra helyezkednek, hogy ezen anyagok természetbeni szerepének nagy jelentőséget nem tulajdoníthatunk. Sokszor egy hatástalanító tényező kimutatása már elegendőnek látszik egyesek számára (pl. Gottlieb és Siminoff) hogy nemcsak a vizsgált gátló anyag, hanem a hozzá hasonló karakterű antibiotikumok szerepét is, a természetes mikrobiális populációk alakulásánál, jelentéktelennek tekintsek.

Ezen utóbbi megállapításokra támaszkodva többen az antibiotikus tulajdonságok kialakulásában csupán véletlent látnak s ezzel a mikrobiális antagonizmus területén — szembehelyezkedve a kísérleti tények sorával — az antibiózis jelenségét antidarwinista szempontból értelmezik [Sztrésinszkij (98)]. Ez a felfogás visszatükrözi a weissmannisták metafizikai elméletét, amely a véletlenben látja az élő szervezetek fejlődésének alapját. A rendelkezésünkre álló kísérleti tények sora az antagonista tulajdonságok kialakulásáról, s ezek természetbeni szerepéről lehetővé teszi a természeti szükségszerűség felismerését s ezen ismereteinken elindulva megkísérelhetjük az antibiózis jelenségének az ember szolgálatába állítását.

»Nem az a célunk, hogy a véletlennek létezését a természetben tagadjuk, hanem az, hogy az egyedüli véletlenszerű jelenségek sokszínűségéből kiemeljük a belső összefüggéseket, a szükségszerűségeket, hogy uralkodjunk fejlődési törvényeik felett, hogy az utóbbiak segítségével megváltoztassuk a »véletlenek tömegének« irányát és emeljük a mezőgazdasági munka termelékenységét« (90).

SZABÓ ISTVÁN

Irodalom

1. Abraham & Duthie: cit. Wallhäuser, 1951 b.
2. Afrikjan, E. K.: Dokl. Akad. Nauk Arm. Sz. Sz. R., 14, 4. 1951 a.
3. Afrikjan, E. K.: Izv. Akad. Nauk Arm. Sz. Sz. R., 4, 12. 1951 b.
4. Bergström, S., Theorell, H. & David, H.: Arch. Biochem., 10, 165. 1946.
5. Bogopolszkij, M. D.: Priroda, 8, 66. 1950.
6. Brian, P. W.: cit. Köhler, H.: Nachr. Bl. Deut. PflSchD., 7, 108. 1953.
7. Brian, P. W.: Symp. Soc. Expt. Biol., 3, 357. 1949.
8. Brian, P. W., Wright, J. M. Stubbs, J. & Way, A. M.: Nature, 167, 347. 1951.
9. Broadfoot, B. W.: Canad. J. Res., 8, 483, 545. 1933.
10. Bucherer, & Daines, R. H.: Amer. Potato J., 14, 85. 1937.
11. Bustinsa: Les Antibiotiques antimicrobiens et la Penicilline. Paris, 1945.
12. Casas—Campillo, C.: An. Esc. Nac. Cienc. Biol. 4, 339. 1947.
13. Ciffery, R.: Atti Ist. Bot. Univ. Lab. Crittog. Pavia, 3, 274. 1949.
14. Csumakov, A. N.: cit. Ubrizsy: Növénykórtan, Budapest 1952.
15. Doraszeliya, N. K.: Bull. In-ta csaja i szubtrop. kultur, 3, 88. 1949.
16. Egorov, Sz. N.: Mikrobiologija, 21, 1, 116. 1952.
17. Evans, E. & Gottlieb, D.: Phytopath. 42, 465. 1952.
18. Farley, D. L.: Surgery, Gynecology a. Obstetrics, 79, 83. 1944.
19. Filatov, V. & Biver, V.: Dokl. Akad. Nauk Sz. Sz. R., 42, 3. 1948.
20. Filatov, V.: ref. in Szovjet Orvostud. Beszámoló, 1, 1, 11. 1949.
21. Fjodorov, V. M.: Mikrobiológia. Budapest, Mezőgazd. Kiad. 1951.

22. *Frahm, H. & Lembke, A.*: cit. *Henneberg, G.*: Zbl. Bakter. I. Orig., **155**, 76. 1950.
23. *Fred, E. B., Baldwin, I. L. & McLoy, E.*: Root nodule bacteria and leguminous plants. Madison 1932.
24. *Frost, W.*: J. Inf. Dis., **1**, 599. 1904.
25. *Garret, S. D.*: Ann. Appl. Biol., **23**, 667. 1936.
26. *Gillisen, G. & Meier, I.*: Zbl. Bakter. I. Orig., **156**, 365. 1951.
27. *Gillisen, G.*: Zbl. Bakter. I. Ref., **151**, 161. 1953.
28. *Gorlenko, M. V. & Voronkevics, I. V.*: Szovjetszkaja Agronomija, **1**, 77. 1949. Mezőgazd. Dok. Közp. ford.
29. *Gottlieb, D. & Siminoff, C. P.*: Phytopath. **40**, 11. 1950.
30. *Gottlieb, D. & Siminoff, C. P.*: Phytopath. **42**, 91. 1952.
31. *Gottlieb, D., Siminoff, C. P. & Martin M. M.*: Phytopath. **42**, 493. 1952.
32. *Gregory, K. F., Allen, O. N., Riker, A. J. & Peterson, W. H.*: Bact. Proc. Soc. Ann. Bact. **18**. 1951.
33. *Gregory, K. F., Allen, O. N., Riker, A. J. & Peterson, W. H.*: Amer. J. Bot., **39**, 405. 1952.
34. *Greig-Smith, R.*: Proc. Linn. Soc., N. S. W. **43**, 412. 1912.
35. *Grossbard, E.*: Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt, **33**, 29. 1947.
36. *Grossbard, E.*: Nature, **161**, 614. 1948.
37. *Grossbard, E.*: Rep. Exp. Res. Sta. Cheshunt, **35**, 38. 1949.
38. *Grossbard, E.*: J. Gen. Microbiol. **6**, 295. 1952.
39. *Horváth, J., Szolnoki, J. & Felföldy, L.*: Annal. Biol. Tihany, **20**, 1951.
40. *Horváth, J.*: Akad. Ért., **58**, 295. 1951. Eredeti előadás szövege nyomdában.
41. *Hutchinson, H. B. & Thaysen, A. C.*: cit. *Siminoff, P. & Gottlieb, D.* 1951.
42. *Imsenyeckij, A. A. & Kuzjurina, L. A.*: Mikrobiológija, **20**, 3. 1951.
43. *Jandasek, L.*: Schweiz. Z. Path. u. Bakt., **12**, 128. 1949.
44. *Jefferys, E. G.*: J. Gen. Microbiol. **7**, 295. 1952.
45. *Kalina, G. P.*: Izmencsivoszty patogennükh mikrobov. Med. izd-vo. U. Sz. Sz. R. 1949.
46. *Katznelson, H.*: Soil. Sci. **49**, 283. 1940.
47. *Kiessling, L. E.*: Kühn Archiv, **38**, 184. 1934.
48. *Kliewe, H. & Gillisen, G.*: Arch. Hyg. **133**, 2. 159. 1950.
49. *Kraszilnyikov, N. A.*: Izv. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R. Szer. biol. **1**, 193. 1936.
50. *Kraszilnyikov, N. A. & Raznicina:* Agrobiologija, 5—6. 1946.
51. *Kraszilnyikov, N. A. & Garkina, N. R.*: Mikrobiologija, **15**, 109. 1946.
52. *Kraszilnyikov, N. A.*: Uszpehi szovremennoj biol., **21**, 3, 346. 1951. Orvostud. Dok. Közp. ford.
53. *Kraszilnyikov, N. A. & Nyikitina, N. I.*: Mikrobiologija, **20**, 3, 217. 1951.
54. *Kraszilnyikov, N. A.*: Dokl. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R., **77**, 1, 117. 1951.
55. *Kraszilnyikov, N. A., Korenjakó, A. I., Nyikitina, N. I. & Szkrjabin, G. K.*: Dokl. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R., **77**, 4, 725. 1951.
56. *Kraszilnyikov, N. A.*: Dokl. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R., **79**, 5, 879. 1951.
57. *Kraszilnyikov, N. A.*: Priroda, **7**, 17. 1952.
58. *Kraszilnyikov, N. A.*: Izv. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R. Szer. biol. **2**, 49. 1953.
59. *Kraszilnyikov, N. A., Korenjakó, A. I. & Artamonova, O. I.*: Mikrobiológija, **22**, 1, 3. 1953.
60. *Krehl-Nieffer, M.*: Arch. Mikrobiol. **15**, 389. 1951.
61. *Kriuchkova, A. P.*: cit. *Winter, A. G.* 1951.
62. *Kublanovszkaja, G. M.*: Mikrobiológija, **21**, 3, 340. 1952.
63. *Lewis, I.*: J. Bact., **17**, 89. 1929.
64. *Likais, R.*: Arch. Mikrobiol., **18**, 49. 1952.
65. *Lochead, A. G.*: Ann. Rev. Microbiol. **6**, 186. 1952.
66. *Martin, N. & Gottlieb, D.*: Phytopath. **42**, 294. 1952.
67. *McDaniel, E., Rahway, N. J. & Hodges, B.*: U. S. Patent Office. **2**, 545, 554. Pat. Mar. 20. 1951.
68. *Mihaleva, V.*: cit. *Kraszilnyikov* 1953 a.
69. *Mikrobiológija, ot redakcii:* Mikrobiológija, **21**, 3, 257. 1952.
70. *Miller & Rekate, A.*: Science, **25**, 8. 1944.
71. *Mirzabekján, P. O.*: Dokl. Vszesz. ord. Lenina Akad. Szelszk. Nauk. **5**. 1952.
72. *Mirzabekján, P. O.*: Izv. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R. Szer. biol. **2**, 67. 1953.
73. *Misusztin, E. N., Puskinszkaja, O. I. & Mirzoeva, V. A.*: Tr. Kompleksnoj naucnoj ekspedicii, **1**, 352. 1951.
74. *Nakhimovszkaja, M. J.*: cit. Zbl. Bakt. II. **97**, 436. 1937/38.
75. *Nandi, P. N.*: The influence of antibiotics on micro-organisms in soil. Ph. D. Theis, University of London. 1948.
76. *Naumova, A. N.*: Mikrobiológija, **22**, 3, 281. 1953.
77. *Nickel, L. G. & Burkholdner, P. R.*: J. Amer. Soc. Agron. **39**, 771. 1947.
78. *Novogrudsckij, D.*: Mikrobiologija, **17**, 3, 1948.
79. *Oppermann, A.*: Arch. Mikrobiol., **16**, 364. 1951.
80. *Ordin, A. P.*: Mikrobiologija, **21**, 2, 192. 1952.
81. *Pramer, D. & Starkey, R. L.*: Science, **113**, 127. 1951.
82. *Rayner:* cit. *Oppermann* 1951.
83. *Rhines, C.*: J. Bact. **29**, 369. 1935.
84. *Robison:* cit. *Frankl, J.*: A penicillin és gyakorlati alkalmazása. Pécs, 1948.

85. *Rosszovszkaja, V. Sz. & Gudkova, T. V.*: Mikrobiologija, **19**, 3, 1950.
86. *Routien, J. B. & Finlay, A. C.*: Bact. Rev. **16**, 2, 51. 1952.
87. *Ruschmann, G.*: Z. Pfl. Ernähr. Düng. **55**, 3, 201. 1951.
88. *Ruschmann, G.*: Pharmazie. **7**. 1952.
89. *Ruschmann, G.*: Z. Pfl. Ernähr. Düng. **58**, 2, 163. 1952.
90. *Rubasevskij, A. A.*: I. V. Micsurin elméleti hagyatékának filozófiai jelentősége. Akad. kiadó, Budapest 1951.
91. *Rübalkina, A.*: Mikrobiologija, **7**, 8. 1938.
92. *Sanford, G. B. & Broadfoot, W. C.*: Sci. Agricult., **11**, 512. 1931.
93. *Schiller, I.*: idézv. *Egorov* 1952 és *Gillisen* 1953 alapján.
94. *Sekera, F.*: Z. Pfl. Ernähr. Düng. **52**, 1, 57. 1951.
95. *Siminoff, P. & Gottlieb, D.*: Phytopath. **41**, 420. 1951.
96. *Skinner, C. E. & Murray, T. J.*: J. Infect. Dis., **38**, 37. 1926.
- 96a. *Szabó, I.*: A történelmi szemlélet jelentősége az antibiotikus törzskutatásban. Kézirat.
97. *Szideri, I. D.*: Agrobiologija, **1**, 78. 1950.
98. *Sztresinszkij, M. O.*: Dokl. Akad. Nauk. Sz. Sz. Sz. R. Trudü Inst. Genetiki, **17**, 96. 1950.
99. *Sztresinszkij, M. O.*: Dokl. Akad. Nauk Sz. Sz. Sz. R. **75**, 2, 295. 1950.
100. *Taroverdov, L. N.*: Veterinarija, **27**, 40. 1950. Mezg. Dok. Közp. ford.
101. *Thaysen, A. C.*: Nature, **166**, 93. 1950.
102. *Thornton, H. G.*: Rept. Róthamsted Expt. Sta. 1950. 50. 1951.
103. *Tokin, B. P.*: Baktericidü rasztiteljnogo proiszhoszenija. M., 1942.
104. *Vaszilenko, A. G.*: Mikrobiologija, **21**, 6, 671. 1952.
105. *Waksman, S. A. & Woodruff, H. B.*: Soil Sci. **53**, 233. 1942.
106. *Waksman, S. A.*: Fourth International Congr. for Microbiol., Copenhagen. 468. 1947.
107. *Wallhäuser, K. H.*: Arch. Mikrobiol., **16**, 201. 1951 a.
108. *Wallhäuser, K. H.*: Arch. Mikrobiol. **16**, 237. 1951 b.
109. *Weindling, R. & Fawcett, H. S.*: Hilgardia, **10**, 1. 1936.
110. *Winter, G.*: Z. Pfl. Krank. Pfl. Schutz. **50**, 113. 1940.
111. *Winter, G.*: Phytopath. Z., **14**, 204. 1942.
112. *Winter, G.*: Arch. Mikrobiol. **14**, 240. 1949.
113. *Winter, G.*: Arch. Mikrobiol., **15**, 42. 1950.
114. *Winter, G.*: Zbl. Bakt. I. Orig., **155**, 8. 342. 1950.
115. *Winter, G. & Rünker, R.*: Arch. Mikrobiol., **15**, 72. 1950.
116. *Winter, G.*: Arch. Mikrobiol. **16**, 136. 1951.
117. *Winter, G. & Willeke, L.*: Naturwissenschaften, **38**, 455. 1951.